

Precise cylinder tempering in injection moulding of thermoset plastic

Publication number: DE4436125
Publication date: 1996-03-28
Inventor: LIEHR ERICH DR (DE)
Applicant: RIESELMANN F & H KUNSTSTOFF (DE)
Classification:
- **International:** **B29C45/78; B29C45/78;** (IPC1-7): B29C45/74
- **European:** B29C45/78
Application number: DE19944436125 19940927
Priority number(s): DE19944436125 19940927

Report a data error here

Abstract of **DE4436125**

Injection moulding machine cylinders are tempered to work with crosslinking polymers. In each circuit, the measured cylinder temperature is compared to a given value, varying flow in accordance. Temperature is measured over the cycle, between cylinder inner- and outer walls, centrally between outlets. Tempering is split into initiation-, and steady state operation. In the first cycle at time Z1 a fixed duration temperature impulse tinit is introduced. Approaching the desired value of mean cylinder temperature, a lesser impulse tann is used, until it is undershot, ending the delivery phase. Temperature impulses of duration tann are used in steady state operation. After the last Z1, tempering impulse te and further impulses are introduced as necessary, up to Z2, near cycle completion. Total duration per cycle is limited to tmax. Impulse length te, and total duration tmax, are evaluated from an algorithm.

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide



Europäisches
Patentamt
European Patent
Office
Office européen
des brevets

Description of DE4436125

Print

Copy

Contact Us

Close

Result Page

Notice: This translation is produced by an automated process; it is intended only to make the technical content of the original document sufficiently clear in the target language. This service is not a replacement for professional translation services. The esp@cenet® Terms and Conditions of use are also applicable to the use of the translation tool and the results derived therefrom.

The invention relates to a method for keeping at a moderate temperature of cylinders of injection moulding machines for the processing interlacable polymers, like elastomeric or duroplastische materials.

The thermal working condition of the melting cylinder is for the processing of interlacing high polymers of crucial importance. Such materials require a relative to low temperature level with the processing shaped parts with the injection moulding during the retention time in the melting cylinder, over a premature crosslinking and/or. To prevent partial cross-linking of the moulding material. During the plasticizing by friction of the mass, D. h. by conversion of mechanical energy, developing quantities of heat is in the stationary, D. h. brought in, machine condition usually more largely than the quantities of heat, which are necessary for reaching an optimal mass viscosity.

The recording of temperature of the moulding material and/or. Melt in the system screw/cylinder must become so controlled that no premature cross-linking reactions arise due to high mass temperatures. The accurate recording of temperature for the moulding material over the cylinder keeping at a moderate temperature exerts a substantial influence on the quality of the shaped parts which can be manufactured.

In practice so far only the function could become generally accepted with keeping at a moderate temperature devices, which has however some fundamental disadvantages.

Those are on the one hand the energetically unfavorable function and the high initial costs for the keeping at a moderate temperature devices and on the other hand insufficient process stability during the manufacturing. Unavoidable disturbances of the production run, like z. B. Keeping at a moderate temperature medium temperature and keeping at a moderate temperature medium throughput fluctuations, changes regarding the mass temperature, in particular by differences in the Plastifizierleistung, z. B. by varying Schüttgewichte, and the ambient temperature, on the shaped part quality in their energetic effect on the melt temperature thus effects can be compensated and not had. As a function of the value of the energetic effect of these variable disturbances itself the condition of the moulding material can and/or. Melt more or less strongly change.

The invention was the basis the task to create a method for keeping at a moderate temperature of cylinders by injection moulding machines for the processing of interlacable polymers that with consideration of the momentary parameters of the Plastifizierungsvorganges, including arising disturbances of process a sufficiently good adjustment of the middle cylinder temperature to given a target temperature for each keeping at a moderate temperature cycle when simultaneous self-adjusting regulation ensured, which needs only small quantities of heating energy excluding during the starting and with manufacturing interruptions, with which quality differences of the shaped parts are avoided as far as possible and which committee ratio is lowered.

This task is solved by a method with the features of the claim 1. Further arrangement variants of the invention are indicated in the Unteransprüchen 2 to 9.

▲ top

The keeping at a moderate temperature process is separated a starting phase and a stationary operating phase, with different in each case keeping at a moderate temperature conditions, into two phases, whereby the starting phase is terminated after first reaching or exceeding of the given cylinder target temperature. During D entire read write period the continuous middle cylinder temperature is based thermal on the place subjected equivalently for the respective keeping at a moderate temperature cycle, both to the plastifizierten mass and keeping at a moderate temperature, whereby this place itself within the range of the geometrical center between cylinder inner wall un keeping at a moderate temperature channel and/or. - surface and within the range of the center between keeping at a moderate temperature medium entrance and - exit in a sufficiently large spacing to the cylinder inner wall find at the time Z1, which is specified by a signal of the machine flow control, a keeping at a moderate temperature medium impulse, keeping at a moderate temperature in are past cycles considered in temporal proximity of the beginning of the Plastifizierungsvorganges introduced - beginning of the Plastifizierungsvorganges means to cause the beginning of the snail rotation after each Einspritzvorgang over the friction heat development largest in the time intervall within the brought in mass the necessary heat dissipation. Further keeping at a moderate temperature medium impulses are introduced than result of a target being of comparison taking place up to a Zeitpu Z2 during excess of the given target temperature, whereby the time Z2 is specified by a signal of the machine flow control, that at a defined time in temporal Proximity of the end of sequence is released.

In the starting phase effected in the first cycle, to the time Z1 beginning, an initial impulse tinit with fixed duration, in order to obtain a only complete flushing of the keeping at a moderate temperature cycle concerned. Already before the first machine cycle an additional heating system can be connected, in the cylinder zones the length of time of the heating up of the melting cylinder important for the temperature condition of the too plastifizierenden mass on the given target temperature minlmized. In the case of use of the additional heating system this is switched off in a given spacing to the target temperature.

After reaching a defined spacing of the middle cylinder temperature to the given target temperature above the switching off temperature of a possible additional heating system in the subsequent cycle at the time Z1 a temporally constant keeping at a moderate temperature impulse is introduced tann smaller temporal durations, whereby the keeping at a moderate temperature impulse is introduced tann in all following cycles up to the first

excess of the given target temperature and an absorbed ensures Anna of the middle cylinder temperature to the selected target temperature.

A variant appearing as a special case in the starting phase consists of the fact that with setting of a target temperature, which is under D measured Isttemperatur in all following cycles between the times Z1 and Z2 takes place so long a constant Temperatur, until the measured Isttemperatur falls below the given target temperature for the first time. After falling below the target temperature the starting phase is continued with the introduction of the keeping at a moderate temperature medium impulse of the durations tann at the time Z1 of the cycle following on first falling below and terminated with the renewed excess of the target temperature.

In the stationary operating phase the method according to invention with its adaptive or self-adjusting regulation finds its precipitation on the one hand in the constantly updated setting of a calculated keeping at a moderate temperature central impulse and on the other hand in a keeping at a moderate temperature phase dependent on the current target actual value comparison. From the total period of the keeping at a moderate temperature medium impulses of a fixed number of directly preceding cycles over an attached arithmetic and logic unit the arithmetic medium of the keeping at a moderate temperature duration for each cycle is determined, evaluated with a factor c1, which makes the reconciliation possible of the practically unavoidably arising thermal disturbances on the temperature condition of the cylinder, and used as calculated pulse duration of width unit for the introduction of the keeping at a moderate temperature medium in the subsequent cycle at the time Z1.

After introduction of the keeping at a moderate temperature medium impulse of the length of time of width unit the introduction takes place further keeping at a moderate temperature central impulses in the result of the continuous accomplished comparison of nominal and actual values of the cylinder temperature for the durations of the respective target temperature excess and thus temperature-dependent at the latest up to the time Z2 of the current cycle, whose total period is limited by the calculated maximum total period tmax.

The length of time of this keeping at a moderate temperature impulse of the length of width unit is determined according to the calculation formula indicated in the claim 3.

To the computation the following initial conditions apply starting from cycle 1 of the stationary phase: (1) $tEi = tann$
(2) The computation effected from (*) for $j < n$, as n is replaced by j .

(3) $C1(j) = a0 + a1 * j$ for $j @ n$

$C1(j) = a2$ for $j > n$

$C1(j) < 1, C1(j+1) @ C1(j)$ for all j

The possible temperature-dependent keeping at a moderate temperature impulses for each cycle are limited temporally by a maximum total period tmax. The maximum total period tmax correlates with the calculated pulse duration of width unit in the following way: $tmax = K2 * \text{width unit}$ whereby applies: $(1 - C1(j)) < K2 < 3$, $K2 = \text{const. for all } j$.

This maximum Temperaturdauer tmax for the current cycle, standing in constant correlation for the prehistory of keeping at a moderate temperature the preceding n cycles, prevents pulse lengths, which could lead in the subsequent cycles to a falling below of the target temperature as temporal border of the temperature-dependent keeping at a moderate temperature pulse time. Pulse lengths kind of such become and. A. possible by a possible not optimal situation of the temperature sensors, which an inertia of the measuring of the conditions of temperature at the measuring point and thus the Reak causes on it.

The time barrier becomes first tmax in the second cycle after the Erstüberschreitung of Tsoll effectively, since for this cycle a calculated keeping at a moderate temperature impulse of width unit is only present. In extreme cases the keeping at a moderate temperature duration for the first cycle can be identical after target temperature excess with the time interval from Z1 to Z2. The maximum total period correlating with the calculated pulse duration tmax the temperature-dependent keeping at a moderate temperature impulses brings a simultaneous component keep at a moderate temperature-specific to the area into keeping at a moderate temperature, there due to the described computation an inclusion of keeping at a moderate temperature circle process, temperature sensor situation, medium temperature, - to volumes and. A. taken place.

Taken place during the stationary operating phase dropping the current cylinder temperature under a fixed spacing under the target temperature, then the additional heating system so long connected to a further temperature barrier below the target temperature again exceeded is.

The method makes it possible that then, if the cylinder temperature is higher at the time Z2 of a number of successive cycles which can be specified than the given target temperature Tsoll D. h. if the time interval between Z1 and Z2, the available, is not sufficient, in order to keep at a moderate temperature the cylinder temperature at the measuring point on the given target temperature, from the controller the message "target temperature is set off too low?" for the keeping at a moderate temperature circle concerned.

Regarding the signals from the machine flow control, which are consulted for the times Z1 and Z2, z can. B. the beginning of the Plastifiziervorganges as Z1 and the end of the tool opening as Z2 to be selected.

According to invention the process stability of the entire manufacturing is substantially increased by the keeping at a moderate temperature procedure. The committee ratio can be lowered opposite the well-known methods, not be become keeping at a moderate temperature devices in the conventional sense necessarily. By the temporally small intervals of the Zuschaltung of the additional heating system with low current consumption the specific energy consumption of the shaping process is reduced.

The invention is to be described in the following more near. The associated design shows a functional diagram. In the functional diagram an injection moulding machine 1 with the melting cylinder 2 as well as the controller 3 is represented. Keeping at a moderate temperature the melting cylinder 2 is made by keeping at a moderate temperature cycles c1 to Kn, whereby the flow of the keeping at a moderate temperature medium for each keeping at a moderate temperature cycle can be interrupted or released by means of the solenoid valves M1 to Mn. The cylinder zones, which are assigned to the keeping at a moderate temperature circles c1 to Kn, can be warmed up by the heating circles H1 to Hn to a minimum temperature dependent on the given target temperature. Is sufficiently high the quantities of heat produced by the Plastifiziervorgang enough that and. A. is dependent on the moulding material which can be processed, then can be done without connecting the additional heating system.

The controller 3 consists of the building groups matching stage, analog-digital converter (ADU), arithmetic and logic unit (CCU), input unit, output unit and different interfaces. The functional integration of the individual building groups into this apparatus and thus into the system spraying casting procedure, measurement of temperature and adjustment of the keeping at a moderate temperature medium stream is the following:

For each keeping at a moderate temperature cycle $c1$ ($i = 1 \dots n$) of the melting cylinder becomes thermal at one, both by the injected melt and by the keeping at a moderate temperature surfaces equivalently subjected measuring point möglich within the range of the geometrical center between cylinder interior and - external wall and within the range of the center between keeping at a moderate temperature medium entrance and keeping at a moderate temperature medium exit a thermal sensor Thi ($i = 1 \dots n$) brought into the cylinder, which is connected to flexible with the matching stage of the controller. The lying close thermal signals are adapted by the matching stage according to the selected sensors and transforming means to the attached analogue-to-digital converter (ADU). This conveys the received thermal signals as electrical signals to an arithmetic and logic unit (CCU), on which they, as describes in the following, are processed. The software determines, on the basis of which temperature development in a fixed number of past cycles and the momentarily measured temperature, installed on the CCU, which times, for which the flow of the keeping at a moderate temperature medium in the respective keeping at a moderate temperature cycle is released.

Beginning and end of the keeping at a moderate temperature medium flow put the CCU by expenditure of switching signals to the solenoid valve of the respective keeping at a moderate temperature cycle solid. Likewise by expenditure of switching signals additional heating systems can be connected in the case of need. The Zuordenbarkeit of measured values, results of computation and keeping at a moderate temperature circles is ensured.

To the CCU an input unit attached for the input of the control variables and an output unit for prompting are also. To the CCU introduced signals Z1 and Z2 from the flow control of the injection moulding machine supply the temporal covers to the injection moulding process.

The operational sequence applies in its succession to everyone the individual keeping at a moderate temperature cycles which can be regulated and runs off in cyclic consequence for each of these keeping at a moderate temperature cycles.

With the input of the target temperature over the input keyboard of the controller the cylinder keeping at a moderate temperature is started. The starting phase begins with a comparison of the current cylinder temperatures with the given target temperature and if necessary switching on of the additional heating system on belonging to resulting from it to the appropriate cylinder zone. In the first machine cycle after the start the signal solves ?time Z1?, the flow control of the injection moulding machine the introduction of the Erstimpulses tinit out. In the further operational sequence a constant comparison between the Isttemperaturen of the individual cylinder ranges and the given target temperature is accomplished so long, until a defined spacing is reached to the target temperature, thereupon effected in case of the use of the additional heating system switching the appropriate Zusatzheizung. In this event the following machine cycles off after receipt of the signal ?time Z1? the keeping at a moderate temperature impulse of the length tann is introduced. This introduction at this time repeats itself accomplished in all following cycles of the spraying casting procedure at constant target actual temperature temperature and likewise in the cycle, in which the given target temperature T_{soll} is exceeded for the first time. With excess the starting phase ends to the target temperature. In the first cycle of the stationary operating phase the keeping at a moderate temperature impulse of the length is introduced tann after receipt of the machine signal ?time Z1?, as initial value for the calculated impulse of width unit, given for the last time as possible temperature-dependent keeping at a moderate temperature duration for the first cycle the stationary operating phase the entire time interval between Z1 and Z2. The target actual temperature comparison results in a continuous after introduction of the impulse calculated in each case in the subsequent cycles and/or. if excess of the given target temperature renewed T_{soll} , for the durations of the target temperature excess, but at the most up to the total period t_{max} , one or more temperature-dependent keeping at a moderate temperature impulses are introduced.

At the latest with the machine signal ?time Z2? becomes the associated solenoid valve closed and the calculation of the impulse of width unit as well as the temporal upper limit t_{max} for the possible temperature-dependent keeping at a moderate temperature impulses for the subsequent cycle begins. With the introduction of the impulse of width unit, D. h. with the Ventilöffnung for the durations of width unit at the time Z1 of the subsequent cycle, keeping at a moderate temperature is continued.

Example 1

Manufacturing of the shaped part ?gasket 03? from a rubber mixture on EPDM Kautschukbasis in the spraying casting process.

The process engineering parameters are the following: Injection moulding machine:

- Closing force: 1000 kN
- In-line screw diameters: 45 mm
- Snail number of revolutions: 120 rpm
- Stagnation pressure: 60%
- Cycle time: 50 s Injection mould:
- fully automatic forming out
- electrical heats shaped part:
- openly, directly over casting on system moulded on
- Specialized number: 6
- Schussgewicht (inclusively Dead head): 0.115 kg

The melting cylinder is equipped with three keeping at a moderate temperature cycles, which are coupled with the control unit over temperature sensors. Circle 1 (mass introduction) and circle 3 (nozzle range) are equipped with additional heating systems.

As cylinder target temperatures T_{soll} become for keeping at a moderate temperature circle 1 (feeding zone): 45 DEG C
 Keeping at a moderate temperature circle 2 (warming up and compression zone and beginning ejection zone): 52 DEG C

Keeping at a moderate temperature circle 3 (ejection zone and blast connection): 60 DEG C given.
The switching on temperature for the heating amounts to: Tsoll - 2.5 K,
the switching off temperature amounts to: Tsoll - 2.0 K.

The cylinder temperatures within the range of the keeping at a moderate temperature cycles concerned become in for instance in the mass emphasis the cylinder wall, D. h. with given internal diameter cylinder outside diameter of 90 mm, about 15 mm of the external wall in radial direction and in the any center between keeping at a moderate temperature medium entrance, given by 45 mm and, and - exit of the respective circle measured. The measuring is made continuous by the entire read write period. As reaction on the measured values keeping at a moderate temperature central impulses of limited temporal durations are introduced into the associated keeping at a moderate temperature cycle.

With start-up the target being of the regulated cylinder zones are given, which becomes with heating provided zones as such characterized. It takes place a comparison between cylinder target and Isttemperaturen. The additional heating system connected at a cylinder temperature smaller is than the switching on temperature Tsoll - 2.5 K, thus below 42,5 DEG C for the keeping at a moderate temperature circle 1 and below 57,5 DEG C for the keeping at a moderate temperature circle 3. Of the machine cycle the additional heating system becomes independent after reaching switching off annealing atue Tsoll - 2.0 K (43 DEG C/58 DEG C) peeled.

In the first cycle of the starting phase taken place, to the time Z1 (?Plastifizierbeginn?) beginning, an initial impulse tinit fixed durations with that a first complete flushing of the keeping at a moderate temperature circle concerned is obtained. The duration of the initial impulse tinit is specified empirically in each case from available empirical values, whereby for this example 3 seconds are regarded as sufficient. In the subsequent cycle the introduction of a keeping at a moderate temperature impulse takes place tann by means of a length of time from 1.0 seconds with reaching a defined spacing of the measured middle cylinder temperature to the given target being from 2C In the respective cooling circuits at the time Z1 (?beginning reproduction). This keeping at a moderate temperature impulse of 1.0 seconds is introduced in all following cycles up to the first excess of the given target temperature. With reaching and/or. Exceed the target temperature the starting phase as finally one regards and it follows the stationary operating phase. In this at the time Z1 a keeping at a moderate temperature central impulse of width unit is introduced, for which as average value by the total keeping at a moderate temperature duration of the preceding three cycles one calculates and one evaluates with a factor c1, according to the formula

EMI9.1

with $n = 3$, whereby for

C1 (j) applies:

$C1(j) = a0 + a1 * j$ for $j @ 3$

$C1(j) = a2$ for $j > 3$

$C1(j) < 1$ for $j > 0$.

Considering the thermal inertia of the heat transfer procedures at the beginning of the stationary operating phase and the ?overshooting procedures? in the temperature control, frequently resulting from it, for the constant ones a0, a1 and the a2 following values were selected: $a0 = 0.1$; $a1 = 0.2$; $a2 = 0.5$.

For c1 (j) results a monotonous growing process as a function of j, which ensures that only after reaching the f the computation takes place from width unit necessary cycle number of n within the stationary phase an evaluation of the keeping at a moderate temperature time average in general valid measures.

With consideration of the number of the preceding cycles and the sum of calculated and temperature-dependent keeping at a moderate temperature impulses in the respective cycle a keeping at a moderate temperature pulse time of width unit is computed. For each cycle width unit is again computed over a computer and in such a way determined keeping at a moderate temperature pulse time is released. From the results of computation the values of width unit become exemplary for the 21. , 30. , 50. and 70. Cycle of the keeping at a moderate temperature cycles 1 and 3 indicated.

In the result of the continuous taking place comparison of nominal and actual values during excess of the given target temperature at the time Z2, the ?end of the tool opening?, one or more temperature-dependent keeping at a moderate temperature impulses with a maximum length of time for each cycle, which is computed according to the formula $t_{max} = K2 * \text{width unit}$, are introduced.

In the available case $K2 = 1,5$ and it is arises in the following table indicated the values for the 21. , 30. , 50. and 70. Cycle.

Keeping at a moderate temperature pulse time (in seconds) and the measured cylinder temperature (in DEG C) for the keeping at a moderate temperature cycle 1 (target temperature 45 DEG C) and the keeping at a moderate temperature cycle 3 (target temperature 45 DEG C):

EMI11.1

All keeping at a moderate temperature cycles are fed with industrial water from the closed cooling water net of the enterprise, which exhibits a temperature of 14 DEG C in the forward motion. The inset of keeping at a moderate temperature equipment is not necessary.

After the procedure according to invention in continuous operation the shaped parts initially specified were manufactured quality-assuringly under the following parameters: Cycle time: 50 s

Committee ratio: 2,1%

specific energy consumption: 0.62 KWh/kg

additional control expenditure for placing behind work for each coating: 16 min.

Example 2

Manufacturing of the shaped part ?absorption buffer? from a rubber mixture on SBR/NR india rubber basis in the spraying casting process.

The process engineering parameters are the following: Injection moulding machine:

- Closing force: 850 kN

- In-line screw diameters: 45 mm

- Snail number of revolutions: 90 rpm

- Stagnation pressure in per cent: 35%
- Cycle time: 45 s injection mould:
- fully automatic forming out
- electrical heats shaped part:
- openly, directly over casting on system moulded on
- Specialized number: 24
- Schussgewicht (Inclusively Dead head): 0.064 kg

The melting cylinder is equipped with three keeping at a moderate temperature cycles, which are coupled with the control unit over temperature sensors. Circle 1 (mass introduction) and circle 3 (nozzle range) are equipped with additional heating systems.

As cylinder target temperatures T_{soll} become for keeping at a moderate temperature circle 1 (feeding zone): 50 DEG C

Keeping at a moderate temperature circle 2 (warming up and compression zone and beginning ejection zone): 57 DEG C

Keeping at a moderate temperature circle 3 (ejection zone and blast connection): 65 DEG C given.

The operational sequence is analog as in the example 1.

In the starting phase after few minutes the switching off temperature of the additional heating systems was already reached, by which starting from at the respective times Z_1 of the individual cycles keeping at a moderate temperature impulses were introduced tann by 0,3 s, in order to cause an absorbed reaching from T_{soll} to. With the reaching of T_{soll} the starting phase ended. For the stationary operating phase the same regulation parameters n , c_1 and K_2 were used as in example 1.

After the procedure according to invention in continuous operation the shaped parts initially specified were manufactured quality-assuringly under the following parameters: - Cycle time: 45 s

- Committee ratio: 2,9%
- specific energy consumption: 0,60 kWh/kg
- additional control expenditure for placing behind work for each coating: 22 min

Comparison example 1

Analog as in the example 1 the shaped parts under use of conventional keeping at a moderate temperature are manufactured with the following keeping at a moderate temperature conditions: - Keeping at a moderate temperature method: providing keeping at a moderate temperature equipment, constant keeping at a moderate temperature over the entire melting cylinder

- Keeping at a moderate temperature medium: Water
- Keeping at a moderate temperature medium temperature: 60 DEG C

In continuous operation the shaped parts under the following parameters, specified in example 1, were manufactured: - Cycle time: 54 s

- Committee ratio: 3,2%
- specific energy consumption: 0,70 kWh/kg
- additional control expenditure for placing behind work for each coating: 28 min

Comparison example 2

Analog as in the example 2 is manufactured the shaped parts under use of conventional keeping at a moderate temperature with the following keeping at a moderate temperature conditions: - Keeping at a moderate temperature method: providing keeping at a moderate temperature equipment, constant keeping at a moderate temperature over the entire melting cylinder

- Keeping at a moderate temperature medium: Water
- Keeping at a moderate temperature medium temperature: 75 DEG C

In continuous operation the shaped parts under the following parameters, specified in example 2, were manufactured: - Cycle time: 52 s

- Committee ratio: 4,2%
- specific energy consumption: 0,70 kWh/kg
- additional control expenditure for placing behind work for each coating: 37 min



Europäisches
Patentamt
European Patent
Office
Office européen
des brevets

[Claims of DE4436125](#)
[Print](#)
[Copy](#)
[Contact Us](#)
[Close](#)

Result Page

Notice: This translation is produced by an automated process; it is intended only to make the technical content of the original document sufficiently clear in the target language. This service is not a replacement for professional translation services. The esp@cenet® Terms and Conditions of use are also applicable to the use of the translation tool and the results derived therefrom.

1. Method for keeping at a moderate temperature of cylinders is separated from injection moulding machines for the processing of interlacable polymers, with which those for each in each case keeping at a moderate temperature cycle measured cylinder temperature is compared with a given desired value and as a function of the result of the actual desired value comparison the flow rate of the keeping at a moderate temperature medium in the keeping at a moderate temperature cycles is changed, characterised in that continuous during the entire read write period of the spraying casting procedure the momentary cylinder temperatures between cylinder outside and cylinder inner wall in the middle range between keeping at a moderate temperature medium entrance and - exit of the respective keeping at a moderate temperature cycle to be measured and the keeping at a moderate temperature process into a starting phase and a stationary operating phase with different keeping at a moderate temperature conditions, all first cycle of the spraying casting procedure, at the time Z1 a keeping at a moderate temperature impulse tinit fixed durations is introduced and with reaching a defined spacing of the middle cylinder temperature to the given target temperature to this Time a keeping at a moderate temperature impulse is introduced tann smaller, but constant times, up to the first exceeding of the target temperature, whereby the starting phase is terminated after first reaching or exceeding of the target temperature and during the stationary operating phase in the first cycle of this phase a keeping at a moderate temperature impulse of the length of time tann after receipt of the signal time Z1 is introduced for the last time and in the subsequent cycles at the time Z1 of keeping at a moderate temperature impulses of width unit is introduced and at further target temperature temperatures further temperature-dependent keeping at a moderate temperature impulses up to the time Z2, which is in temporal proximity of the end of sequence, is introduced, whose total period for each cycle is limited by a maximum total period tmax, whereby the length of time of the keeping at a moderate temperature impulses of width unit and the total period tmax from the total period of the keeping at a moderate temperature impulses of a fixed number directly preceding cycles according to a given algorithm determines

2. Verfahren according to claim 1, characterised in that during the starting phase with setting of a target temperature, which is under the determined Isttemperatur, in all following times Z1 and Z2 so long a constant keeping at a moderate temperature takes place, until the measured Isttemperatur falls below given target temperature for the first time, whereby after falling below the target temperature the starting phase is continued with the introduction of the keeping at a moderate temperature impulse tann at the time Z1 of the cycle following on first falling below and with the renewed excess of the target temperature is terminated.

3. Verfahren after one of the claims 1 or 2, characterised in that the length of time of the keeping at a moderate temperature impulse of width unit according to the following calculation formula

EMI16.1

is determined, how

n the given number of successive cycles, whose total keeping at a moderate temperature duration is to be included after first excess of the given melting cylinder target temperature into the computation by width unit,

▲ top tEi the keeping at a moderate temperature impulse calculated for the cycle i of the n cycles,

tVi the sum of the temperature-dependent keeping at a moderate temperature impulses of the cycle i of the n cycles

j the cycle number after beginning of the phase of the stationary enterprise and

C1 (j) of j the dependent machine and procedure dependent value for the evaluation of the middle keeping at a moderate temperature time from the n cycles serves and the following conditions been sufficient: $C1(j) = a0 + a1$

* j for j @ n

$C1(j) = a2$ for j > n

$C1(j) < 1, C1(j+1) @ C1(j)$ for all j

a0, a1, a2 > for a straight line equation for j @ n with a1 is sufficient for 0, i.e. c1 (j) as rise, a0 constant member and within the range j @ n + 1 strictly monotonous growing process, for j > n is c1 (j) constant a2, whereby applies, $a2 > a0 + a1 * j$ for j @ n and ensured is that the sum of the keeping at a moderate temperature impulses up to the cycle n enters more weakly weighted computation of width unit than after reaching n,

mean and the following initial conditions starting from cycle 1 of the stationary phase for the computation apply: (1) tEi = tann

(2) The computation effected from (*) for j < n, as n is replaced by j.

4. Verfahren after one of the claims 1 to 3, characterised in that the maximally possible sum of the temperature-dependent keeping at a moderate temperature impulses according to the following calculation formula is determined $tmax = K2 * \text{width unit}$, whereby applies:

K2 a constant one, those the condition

$(1 - C1(j)) < K2 < 3, K2 = \text{const. for all j}$

been sufficient and

EMI17.1

mean.

5. Process according to one of claims 1 to 4, characterised in that is selected as a time Z1 of the Plastifizierbeginn and as Z2 the end of the tool opening.

6. Process according to one of claims 1 to 4, characterised in that the time Z1 and the time Z2 by the same signals of the machine flow control to be specified, whereby Z2 is identical to SI Z1 of the subsequent cycle.

7. Process according to one of claims 1 to 6, characterised in that an additional heating system intended is, those alternatively before the starting phase, while the starting phase and the stationary operating phase is insertable and one switches off after reaching the necessary thermal level again.

8. Process according to claim 7, characterised in that after and switching of the additional heating system off in the starting phase, z is introduced the respective times Z1 of the individual cycles the keeping at a moderate temperature impulse tann.

9. Process according to claim 7, characterised in that the additional heating system after reaching a given spacing to the target temperature, connected before the starting phase, is switched off.

19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

12 Offenlegungsschrift
10 DE 44 36 125 A 1

51 Int. Cl.⁶:
B 29 C 45/74

21 Aktenzeichen: P 44 36 125.4
22 Anmeldetag: 27. 9. 94
43 Offenlegungstag: 28. 3. 96

71 Anmelder:
Kunststofftechnik F.u.H. Riesselmann GmbH, 01458
Ottendorf-Okrilla, DE

74 Vertreter:
Tragsdorf, B., Dipl.-Ing. Pat.-Ing., Pat.-Anw., 06844
Dessau

72 Erfinder:
Liehr, Erich, Dr., 01458 Hermsdorf, DE

54 Verfahren zur Temperierung von Zylindern von Spritzgießmaschinen für die Verarbeitung vernetzbarer Polymere

57 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Temperierung von Zylindern von Spritzgießmaschinen für die Verarbeitung vernetzbarer Polymere, wie elastomere oder duroplastische Werkstoffe, bei dem die jeweils je Temperierkreislauf gemessene Zylindertemperatur mit einem vorgegebenen Sollwert verglichen wird und in Abhängigkeit vom Ergebnis des Ist-Sollwertvergleiches die Durchflußmenge des Temperiermediums in den Temperierkreisläufen verändert wird. Ausgehend von den Nachteilen der bekannten Lösungen war es Aufgabe, ein Verfahren zu schaffen, das unter Berücksichtigung der momentanen Parameter des Plastifizierungsvorganges, einschließlich auftretender Störungen des Prozesses eine hinreichend gute Anpassung der mittleren Zylindertemperatur an eine vorgegebene Solltemperatur je Temperierkreislauf bei gleichzeitig selbsteinstellender Regelung gewährleistet. Es wird vorgeschlagen, kontinuierlich während der gesamten Zyklusdauer des Spritzgießvorganges die momentanen Zylindertemperaturen zwischen Zylinder Außen- und Zylinderinnenwand im mittleren Bereich zwischen Temperiermedieneingang und -ausgang des jeweiligen Temperierkreislaufes zu messen. Der Temperierprozeß wird in eine Anfahrphase und eine stationäre Betriebsphase mit unterschiedlichen Temperierbedingungen getrennt. Im allerersten Zyklus des Spritzgießvorganges wird, zum Zeitpunkt Z_1 ein Temperierimpuls t_{init} festgelegter Dauer eingeleitet und beim Erreichen eines definierten Abstandes der mittleren Zylindertemperatur zur ...

DE 44 36 125 A 1

DE 44 36 125 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 01.98 602 013/511

10/28

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Temperierung von Zylindern von Spritzgießmaschinen für die Verarbeitung vernetzbarer Polymere, wie elastomere oder duroplastische Werkstoffe.

Der thermische Betriebszustand des Plastifizierzylinders ist für die Verarbeitung von vernetzenden Hochpolymeren von entscheidender Bedeutung. Derartige Werkstoffe erfordern bei der Verarbeitung zu Formteilen beim Spritzgießen ein relativ niedriges Temperaturniveau während der Verweilzeit im Plastifizierzylinder, um eine vorzeitige Vernetzung bzw. Teilvernetzung der Formmasse zu verhindern. Die bei der Plastifizierung durch Friktion der Masse, d. h. durch Umwandlung von mechanischer Energie, entstehende Wärmemenge ist im stationären, d. h. eingefahrenen, Maschinenzustand gewöhnlich größer als die Wärmemenge, die zum Erreichen einer optimalen Masseviskosität notwendig ist.

Die Temperaturführung der Formmasse bzw. Schmelze im System Schnecke/Zylinder muß so gesteuert werden, daß keine vorzeitigen Vernetzungsreaktionen infolge zu hoher Massetemperaturen auftreten. Die exakte Temperaturführung für die Formmasse über die Zylindertemperierung übt einen wesentlichen Einfluß auf die Qualität der herzustellenden Formteile aus.

In der Praxis konnte sich bisher nur die Arbeitsweise mit Temperiergeräten durchsetzen, die aber einige grundlegende Nachteile hat.

Das sind zum einen die energetisch ungünstige Arbeitsweise und die hohen Anschaffungskosten für die Temperiergeräte und zum anderen die ungenügende Prozeßstabilität während der Fertigung. Unvermeidbare Störungen des Fertigungsablaufes, wie z. B. Temperiermedientemperatur- und Temperiermediendurchsatzschwankungen, Änderungen hinsichtlich der Massetemperatur, insbesondere durch Unterschiede in der Plastifizierleistung, z. B. durch schwankende Schüttgewichte, und der Umgebungstemperatur, können in ihrer energetischen Auswirkung auf die Schmelzetemperatur nicht ausgeglichen werden und haben somit Auswirkungen auf die Formteilqualität. In Abhängigkeit von der Größe der energetischen Wirkung dieser Störgrößen kann sich der Zustand der Formmasse bzw. Schmelze mehr oder weniger stark ändern.

Der Erfindung lag die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Temperierung von Zylindern von Spritzgießmaschinen für die Verarbeitung vernetzbarer Polymere zu schaffen, das unter Berücksichtigung der momentanen Parameter des Plastifiziervorganges, einschließlich auftretender Störungen des Prozesses eine hinreichend gute Anpassung der mittleren Zylindertemperatur an eine vorgegebene Solltemperatur je Temperierkreislauf bei gleichzeitig selbsteinstellender Regelung gewährleistet, das nur geringe Mengen Heizenergie ausschließlich während des Anfahrens und bei Fertigungsunterbrechungen benötigt, bei dem Qualitätsunterschiede der Formteile weitestgehend vermieden werden und die Ausschußquote gesenkt wird.

Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Patentanspruches 1 gelöst. Weitere Ausgestaltungsvarianten der Erfindung sind in den Unteransprüchen 2 bis 9 angegeben.

Der Temperierprozeß wird in zwei Phasen, eine Anfahrphase und eine stationäre Betriebsphase, mit jeweils unterschiedlichen Temperierbedingungen getrennt, wobei die Anfahrphase nach dem erstmaligen Erreichen oder Überschreiten der vorgegebenen Zylindersolltemperatur beendet ist. Während der gesamten Zyklusdauer wird kontinuierlich die mittlere Zylindertemperatur an dem für den jeweiligen Temperierkreislauf, thermisch sowohl von der plastifizierten Masse als auch der Temperierung gleichwertig beaufschlagtem Ort gemessen, wobei dieser Ort sich im Bereich der geometrischen Mitte zwischen Zylinderinnenwand und Temperierkanal bzw. -fläche und im Bereich der Mitte zwischen Temperiermedieneingang und -ausgang in einem hinreichend großem Abstand zur Zylinderinnenwand befindet. Zum Zeitpunkt Z_1 , der durch ein Signal der Maschinenablaufsteuerung festgelegt wird, wird ein Temperiermedienimpuls, der die Temperierung in den zurückliegenden Zyklen berücksichtigt in zeitlicher Nähe des Beginns des Plastifiziervorganges eingeleitet — Beginn des Plastifiziervorganges bedeutet der Beginn der Schneckenrotation nach jedem Einspritzvorgang um im Zeitbereich der größten Friktionswärmeentwicklung innerhalb der eingebrachten Masse die erforderliche Wärmeableitung zu bewirken. Weitere Temperiermedienimpulse werden als Resultat eines bis zu einem Zeitpunkt Z_2 stattfindenden Soll-Ist-Vergleiches bei Überschreitung der vorgegebenen Solltemperatur eingeleitet, wobei der Zeitpunkt Z_2 durch ein Signal der Maschinenablaufsteuerung festgelegt wird, das zu einem definierten Zeitpunkt in zeitlicher Nähe des Zyklusendes ausgelöst wird.

In der Anfahrphase erfolgt im ersten Zyklus, zum Zeitpunkt Z_1 beginnend, ein Initialimpuls t_{init} mit festgelegter Dauer, um eine erst vollständige Durchspülung des betreffenden Temperierkreislaufes zu erzielen. Bereits vor dem ersten Maschinenzyklus kann eine Zusatzheizung zugeschaltet werden, die in den für den Temperaturzustand der zu plastifizierenden Masse wichtigen Zylinderzonen die Zeitdauer der Erwärmung des Plastifizierzylinders auf die vorgegebene Solltemperatur minimiert. Bei Nutzung der Zusatzheizung wird diese in einem vorgegebenen Abstand zur Solltemperatur abgeschaltet.

Nach Erreichen eines definierten Abstandes der mittleren Zylindertemperatur zur vorgegebenen Solltemperatur oberhalb der Ausschalttemperatur einer eventuellen Zusatzheizung wird im Folgezyklus zum Zeitpunkt Z_1 ein zeitlich konstanter Temperierimpuls t_{ann} geringerer zeitlicher Dauer eingeleitet, wobei der Temperierimpuls t_{ann} in allen nachfolgenden Zyklen bis zur erstmaligen Überschreitung der vorgegebenen Solltemperatur eingeleitet wird und ein gedämpftes Annähern der mittleren Zylindertemperatur an die gewählte Solltemperatur gewährleistet.

Eine als Sonderfall in der Anfahrphase auftretende Variante besteht darin, daß bei Vorgabe einer Solltemperatur, die unter der gemessenen Isttemperatur liegt, in allen nachfolgenden Zyklen zwischen den Zeitpunkten Z_1 und Z_2 so lange eine ständige Temperierung erfolgt, bis die gemessene Isttemperatur die vorgegebene Solltemperatur erstmalig unterschreitet. Nach Unterschreitung der Solltemperatur wird die Anfahrphase mit der Einleitung des Temperiermedienimpulses der Dauer t_{ann} zum Zeitpunkt Z_1 des auf die erste Unterschreitung folgenden Zyklus fortgesetzt und mit der erneuten Überschreitung der Solltemperatur beendet.

In der stationären Betriebsphase findet das erfindungsgemäße Verfahren mit seiner adaptiven oder "selbsteinstellenden" Regelung seinen Niederschlag einerseits in der ständig aktualisierten Vorgabe eines errechneten Temperiermittelimpulses und andererseits in einer vom aktuellen Soll-Istwert-Vergleich abhängigen Temperierphase. Aus der Gesamtdauer der Temperiermedienimpulse einer festgelegten Anzahl unmittelbar vorausgegangener Zyklen wird über eine angeschlossene Recheneinheit das arithmetische Mittel der Temperierdauer je Zyklus ermittelt, mit einem Faktor K_1 , der den Ausgleich der praktisch unvermeidbar auftretenden thermischen Störungen auf den Temperaturzustand des Zylinders ermöglicht, bewertet und als errechnete Impulsdauer t_E für die Einleitung des Temperiermediums im Folgezyklus zum Zeitpunkt Z_1 genutzt.

Nach Einleitung des Temperiermedienimpulses der Zeitdauer t_E erfolgt im Ergebnis des kontinuierlich durchgeführten Soll-Ist-Vergleiches der Zylindertemperatur für die Dauer der jeweiligen Solltemperaturüberschreitung und damit temperaturabhängig spätestens bis zum Zeitpunkt Z_2 des aktuellen Zyklus die Einleitung weiterer Temperiermittelimpulse, deren Gesamtdauer durch die errechnete maximale Gesamtdauer t_{max} begrenzt ist.

Die Zeitdauer dieses Temperierimpulses der Länge t_E wird nach der im Anspruch 3 angegebenen Berechnungsformel ermittelt.

Für die Berechnung gelten folgende Anfangsbedingungen ab Zyklus 1 der stationären Phase:

- (1) $t_{E1} = t_{ann}$
- (2) Die Berechnung von (*) erfolgt für $j < n$, indem n durch j ersetzt wird.
- (3) $K_1(j) = a_0 + a_1 \cdot j$ für $j \geq n$
- $K_1(j) = a_2$ für $j > n$
- $K_1(j) < 1, K_1(j+1) \geq K_1(j)$ für alle j

Die möglichen temperaturabhängigen Temperierimpulse je Zyklus werden durch eine maximale Gesamtdauer t_{max} zeitlich begrenzt. Die maximale Gesamtdauer t_{max} korreliert mit der errechneten Impulsdauer t_E in folgender Weise:

$$t_{max} = K_2 \cdot t_E$$

wobei gilt:

$$(1 - K_1(j)) < K_2 < 3, K_2 = \text{const. für alle } j.$$

Diese in ständiger Korrelation zur Vorgeschichte der Temperierung der vorangegangenen n Zyklen stehende maximale Temperierdauer t_{max} für den aktuellen Zyklus verhindert als zeitliche Grenze der temperaturabhängigen Temperierimpulsdauer Impulslängen, die in den Folgezyklen zu einer Unterschreitung der Solltemperatur führen könnten. Impulslängen solcherart werden u. a. möglich durch eine eventuelle nicht optimale Lage der Temperaturfühler, die eine Trägheit der Messung der Temperaturverhältnisse am Meßort und damit der Reaktion darauf bewirkt.

Erstmals wird die Zeitschranke t_{max} im zweiten Zyklus nach der Erstüberschreitung von T_{soll} wirksam, da erst für diesen Zyklus ein errechneter Temperierimpuls t_E vorliegt. Im Extremfall kann die Temperierdauer für den ersten Zyklus nach Solltemperaturüberschreitung identisch sein mit der Zeitspanne von Z_1 bis Z_2 . Die mit der errechneten Impulsdauer korrelierende maximale Gesamtdauer t_{max} der temperaturabhängigen Temperierimpulse bringt gleichzeitig eine temperierkreisspezifische Komponente in die Temperierung ein, da auf Grund der beschriebenen Berechnung eine Einbeziehung von Temperierkreisverlauf, Temperaturfühlerlage, Medientemperatur, -volumen u. a. erfolgt.

Erfolgt während der stationären Betriebsphase ein Absinken der aktuellen Zylindertemperatur unter einen festgelegten Abstand unter die Solltemperatur, so wird die Zusatzheizung so lange zugeschaltet bis eine weitere Temperaturschranke unterhalb der Solltemperatur wieder überschritten ist.

Das Verfahren ermöglicht es, daß dann, wenn die Zylindertemperatur zum Zeitpunkt Z_2 einer festzulegenden Anzahl aufeinanderfolgender Zyklen höher als die vorgegebene Solltemperatur T_{soll} ist, d. h. wenn die zur Verfügung stehende Zeitspanne zwischen Z_1 und Z_2 nicht genügt, um die Zylindertemperatur am Meßort auf die vorgegebene Solltemperatur zu temperieren, vom Steuergerät die Meldung "Solltemperatur zu niedrig" für den betreffenden Temperierkreis abgesetzt wird.

Hinsichtlich der Signale aus der Maschinenablaufsteuerung, die für die Zeitpunkte Z_1 und Z_2 herangezogen werden, kann z. B. der Beginn des Plastifizierungsvorganges als Z_1 und das Ende der Werkzeugöffnung als Z_2 gewählt werden.

Durch das erfindungsgemäße Temperierverfahren wird die Prozeßstabilität der gesamten Fertigung wesentlich erhöht. Die Ausschußquote kann gegenüber den bekannten Verfahren gesenkt werden, Temperiergeräte im herkömmlichen Sinne werden nicht benötigt. Durch die zeitlich geringen Intervalle der Zuschaltung der Zusatzheizung bei niedrigem Stromverbrauch verringert sich der spezifische Energieverbrauch des Formgebungsprozesses.

Die Erfindung soll im folgenden näher erläutert werden. Die zugehörige Zeichnung zeigt ein Funktionsschaltbild. In dem Funktionsschaltbild ist eine Spritzgießmaschine 1 mit dem Plastifizierzylinder 2 sowie dem Steuergerät 3 dargestellt. Die Temperierung des Plastifizierzylinders 2 erfolgt über Temperierkreisläufe K_1 bis K_n , wobei der Durchfluß des Temperiermediums für jeden Temperierkreislauf mittels der Magnetventile M_1 bis M_n unterbrochen oder freigegeben werden kann. Die Zylinderzonen, die den Temperierkreisen K_1 bis K_n zugeordnet werden, können durch die Heizkreise H_1 bis H_n auf eine von der vorgegebenen Solltemperatur abhängige

Mindesttemperatur erwärmt werden. Ist die durch den Plastifizierungsvorgang erzeugte Wärmemenge ausreichend hoch genug, was u. a. von der zu verarbeitenden Formmasse abhängig ist, so kann auf das Zuschalten der Zusatzheizung verzichtet werden.

Das Steuergerät 3 besteht aus den Baugruppen Anpaßstufe, Analog-Digitalumwandler (ADU), Recheneinheit (CPU), Eingabeeinheit, Ausgabeeinheit und verschiedene Schnittstellen. Die funktionelle Einbindung der einzelnen Baugruppen in dieses Gerät und damit in das System Spritzgießvorgang, Temperaturmessung und Anpassung des Temperiermediestromes ist folgende:

Je Temperierkreislauf K_i ($i = 1, \dots, n$) des Plastifizierzylinders wird an einem, thermisch sowohl durch die eingespritzte Schmelze als auch durch die Temperierflächen gleichwertig beaufschlagtem Meßort möglichst im Bereich der geometrischen Mitte zwischen Zylinderinnen- und -außenwand und im Bereich der Mitte zwischen Temperiermedieneingang und Temperiermedienausgang ein Thermosensor Th_i ($i = 1, \dots, n$) in den Zylinder eingebracht, der flexibel mit der Anpaßstufe des Steuergerätes verbunden ist. Durch die Anpaßstufe werden die anliegenden thermischen Signale entsprechend der gewählten Sensoren und Übertragungsmittel an den angeschlossenen Analog-Digital-Umwandler (ADU) angepaßt. Dieser übermittelt die empfangenen thermischen Signale als elektrische Signale an eine Recheneinheit (CPU), auf der sie, wie nachfolgend erläutert, verarbeitet werden. Dabei bestimmt die auf der CPU installierte Software, ausgehend von der Temperaturentwicklung in einer festgelegten Anzahl zurückliegender Zyklen und der momentan gemessenen Temperatur, die Zeiten, für die der Durchfluß des Temperiermediums im jeweiligen Temperierkreislauf freigegeben wird.

Beginn und Ende des Temperiermediendurchflusses legt die CPU durch Ausgabe von Schaltsignalen an das Magnetventil des jeweiligen Temperierkreislaufes fest. Ebenfalls durch Ausgabe von Schaltsignalen können im Bedarfsfalle Zusatzheizungen zugeschaltet werden. Die Zuordenbarkeit von Meßwerten, Rechenergebnissen und Temperierkreisen ist gewährleistet.

An die CPU gleichfalls angeschlossen sind eine Eingabeeinheit zur Eingabe der Stellgrößen und eine Ausgabeeinheit für die Bedienerführung. In die CPU eingeleitete Signale Z_1 und Z_2 aus der Ablaufsteuerung der Spritzgießmaschine liefern die zeitlichen Bezüge zum Spritzgießprozeß.

Der Verfahrensablauf gilt in seiner Abfolge für jeden einzelnen der zu regelnden Temperierkreisläufe und läuft in zyklischer Folge für jeden dieser Temperierkreisläufe ab.

Mit der Eingabe der Solltemperatur über die Eingabetastatur des Steuergerätes wird die Zylindertemperierung gestartet. Die Anfahrphase beginnt mit einem Vergleich der aktuellen Zylindertemperaturen mit der vorgegebenen Solltemperatur und dem gegebenenfalls daraus resultierenden Einschalten der zur entsprechenden Zylinderzone gehörigen Zusatzheizung. Im ersten Maschinenzyklus nach dem Start löst das Signal "Zeitpunkt Z_1 ", der Ablaufsteuerung der Spritzgießmaschine die Einleitung des Erstimpulses t_{init} aus. Im weiteren Ablauf wird ein ständiger Vergleich zwischen den Isttemperaturen der einzelnen Zylinderbereiche und der vorgegebenen Solltemperatur so lange durchgeführt, bis ein definierter Abstand zur Solltemperatur erreicht ist, daraufhin erfolgt im Falle der Nutzung der Zusatzheizung das Abschalten der entsprechenden Zusatzheizung. In den diesem Ereignis folgenden Maschinenzyklen wird nach Empfang des Signals "Zeitpunkt Z_1 " der Temperierimpuls der Länge t_{ann} eingeleitet. Diese Einleitung zu diesem Zeitpunkt wiederholt sich in allen nachfolgenden Zyklen des Spritzgießvorganges bei ständigem Soll-Ist-Temperaturvergleich und wird ebenfalls in dem Zyklus durchgeführt, in welchem die vorgegebene Solltemperatur T_{soll} erstmalig überschritten wird. Mit Überschreitung der Solltemperatur endet die Anfahrphase. Im ersten Zyklus der stationären Betriebsphase wird der Temperierimpuls der Länge t_{ann} nach Empfang des Maschinensignals "Zeitpunkt Z_1 ", als Anfangswert für den errechneten Impuls t_E letztmalig eingeleitet, als mögliche temperaturabhängige Temperierdauer für den ersten Zyklus der stationären Betriebsphase wird die gesamte Zeitspanne zwischen Z_1 und Z_2 vorgegeben. Ergibt der Soll-Ist-Temperaturvergleich nach Einleitung des jeweils in den Folgezyklen errechneten Impulses eine andauernde bzw. erneute Überschreitung der vorgegebenen Solltemperatur T_{soll} , werden für die Dauer der Solltemperaturüberschreitung, aber höchstens bis zur Gesamtdauer t_{max} , ein oder mehrere temperaturabhängige Temperierimpulse eingeleitet.

Spätestens mit dem Maschinensignal "Zeitpunkt Z_2 " wird das zugehörige Magnetventil geschlossen und die Errechnung des Impulses t_E sowie der zeitlichen Obergrenze t_{max} für die möglichen temperaturabhängigen Temperierimpulse für den Folgezyklus beginnt. Mit der Einleitung des Impulses t_E d. h. mit der Ventilöffnung für die Dauer t_E zum Zeitpunkt Z_1 des Folgezyklus, wird die Temperierung fortgesetzt.

Beispiel 1

Fertigung des Formteiles "Dichtungsmanschette 03" aus einer Gummimischung auf EPDM-Kautschukbasis im Spritzgießverfahren.

Die verfahrenstechnischen Parameter sind folgende:

Spritzgießmaschine:

- Schließkraft: 1000 kN
- Schneckenkolbendurchmesser: 45 mm
- Schneckendrehzahl: 120 U/min
- Staudruck: 60%
- Zykluszeit: 50 s

Spritzgießform:

- vollautomatisch ausformend
- elektrisch beheizt

Formteil:

- offen, direkt über Angießsystem angespritzt
- Fachzahl: 6
- Schußgewicht (einschl. Anguß): 0,115 kg

Der Plastifizierzylinder ist mit drei Temperierkreisläufen ausgerüstet, die über Temperaturfühler mit der Steuereinheit gekoppelt sind. Kreis 1 (Masseinzug) und Kreis 3 (Düsenbereich) sind mit Zusatzheizungen ausgestattet.

Als Zylindersolltemperaturen T_{soll} werden für

Temperierkreis 1 (Einzugszone): 45°C

Temperierkreis 2 (Erwärmungs- und Verdichtungszone und Beginn Ausstoßzone): 52°C

Temperierkreis 3 (Ausstoßzone und Düsenstock): 60°C

vorgegeben.

Die Einschalttemperatur für die Heizung beträgt: $T_{\text{soll}} - 2,5 \text{ K}$,

die Ausschalttemperatur beträgt: $T_{\text{soll}} - 2,0 \text{ K}$.

Die Zylindertemperaturen im Bereich der betreffenden Temperierkreisläufe werden in etwa im Masseschwerpunkt der Zylinderwandung, d. h. bei gegebenem Innendurchmesser von 45 mm und gegebenem Zylinderaußendurchmesser von 90 mm, etwa 15 mm von der Außenwand in radialer Richtung und in der etwaigen Mitte zwischen Temperiermedieneingang und -ausgang des jeweiligen Kreises gemessen. Die Messungen erfolgen kontinuierlich über die gesamte Zyklusdauer. Als Reaktion auf die gemessenen Werte werden Temperiermittelimpulse begrenzter zeitlicher Dauer in den zugehörigen Temperierkreislauf eingeleitet.

Mit Inbetriebnahme werden die Solltemperaturen der geregelten Zylinderzonen vorgegeben, die mit Heizung versehenen Zonen werden als solche gekennzeichnet. Es erfolgt ein Vergleich zwischen Zylindersoll- und Isttemperaturen. Die Zusatzheizung wird zugeschaltet bei einer Zylindertemperatur die kleiner ist als die Einschalttemperatur $T_{\text{soll}} - 2,5 \text{ K}$, also unterhalb von 42,5°C für den Temperierkreis 1 und unterhalb von 57,5°C für den Temperierkreis 3. Unabhängig vom Maschinenzyklus wird die Zusatzheizung nach Erreichen der Ausschalttemperatur $T_{\text{soll}} - 2,0 \text{ K}$ (43°C/58°C) abgeschaltet.

Im ersten Zyklus der Anfahrphase erfolgt, zum Zeitpunkt Z_1 ("Plastifizierbeginn") beginnend, ein Initialimpuls t_{init} festgelegter Dauer mit dem eine erste vollständige Durchspülung des betreffenden Temperierkreises erzielt wird. Die Dauer des Initialimpulses t_{init} wird jeweils empirisch aus vorliegenden Erfahrungswerten festgelegt, wobei für dieses Beispiel 3 Sekunden als ausreichend angesehen werden. Im Folgezyklus erfolgt bei Erreichen eines definierten Abstandes der gemessenen mittleren Zylindertemperatur zu den vorgegebenen Solltemperaturen von 2 K in den jeweiligen Kühlkreisläufen zum Zeitpunkt Z_1 ("Beginn Nachdruck") die Einleitung eines Temperierimpulses t_{ann} über eine Zeitdauer von 1,0 Sekunden. Dieser Temperierimpuls von 1,0 Sekunden wird in allen nachfolgenden Zyklen bis zur erstmaligen Überschreitung der vorgegebenen Solltemperatur eingeleitet. Mit Erreichen bzw. Überschreiten der Solltemperatur wird die Anfahrphase als abgeschlossen betrachtet und es folgt die stationäre Betriebsphase. In dieser wird zum Zeitpunkt Z_1 ein Temperiermittelimpuls t_E eingeleitet, der als Mittelwert aus der Gesamttemperierdauer der vorhergehenden drei Zyklen errechnet und mit einem Faktor K_1 bewertet wird, nach der Formel

$$t_E = \frac{K_1(j)}{n} \cdot \sum_{i=1}^n (t_{Ei} + t_{Vi})$$

mit $n = 3$, wobei für

$K_1(j)$ gilt:

$K_1(j) = a_0 + a_1 \cdot j$ für $j \leq 3$

$K_1(j) = a_2$ für $j > 3$

$K_1(j) < 1$ für $j > 0$.

Unter Beachtung der thermischen Trägheit der Wärmeübertragungsvorgänge zu Beginn der stationären Betriebsphase und der daraus häufig resultierenden "Überschwingvorgänge" in der Temperaturregelung wurden für die Konstanten a_0 , a_1 und a_2 folgende Werte gewählt:

$a_0 = 0.1$; $a_1 = 0.2$; $a_2 = 0.5$.

Für $K_1(j)$ ergibt sich ein monoton wachsender Verlauf in Abhängigkeit von j , der gewährleistet, daß erst nach Erreichen der für die Berechnung von t_E notwendigen Zykluszahl n innerhalb der stationären Phase eine Bewertung des Temperierzeitmittels im allgemein gültigen Maße erfolgt.

Unter Berücksichtigung der Anzahl der vorangegangenen Zyklen und der Summe aus errechneten und temperaturabhängigen Temperierimpulsen im jeweiligen Zyklus wird eine Temperierimpulsdauer t_E berechnet. Für jeden Zyklus wird t_E über einen Rechner neu berechnet und die so ermittelte Temperierimpulsdauer ausgelöst. Aus den Rechenergebnissen werden beispielhaft die Werte t_E für den 21., 30., 50. und 70. Zyklus der Temperierkreisläufe 1 und 3 angegeben.

Im Ergebnis des kontinuierlich stattfindenden Soll-Ist-Vergleiches werden bei Überschreitung der vorgegebenen Solltemperatur bis zum Zeitpunkt Z_2 , dem "Ende der Werkzeugöffnung", einer oder mehrere temperaturabhängige Temperierimpulse mit einer maximalen Zeitdauer je Zyklus, die nach der Formel

$$t_{\max} = K_2 \cdot t_E$$

berechnet wird, eingeleitet.

Im vorliegenden Fall ist $K_2 = 1.5$ und es ergeben sich die in der nachfolgenden Tabelle angegebenen Werte für den 21., 30., 50. und 70. Zyklus.

- 10 Temperierimpulsdauer (in Sekunden) und die gemessene Zylindertemperatur (in °C) für den Temperierkreislauf 1 (Solltemperatur 45°C) und den Temperierkreislauf 3 (Solltemperatur 45°C):

Lfd. Zyklus	Temperatur zum Zeitpunkt Z_1		errechnete Impulsdauer t_E		temperaturabhängige Impulsdauer t_V		Temperatur zum Zeitpunkt Z_2	
	Temperierkreislauf		Temperierkreislauf		Temperierkreislauf		Temperierkreislauf	
	1	3	1	3	1	3	1	3
21	44,6	60,2	6,2	5,2	3,5	1,9	44,8	59,8
30	45,0	60,1	6,5	4,0	1,5	1,3	44,9	60,1
50	44,7	59,7	6,1	4,8	1,2	1,5	45,1	60,0
70	44,9	60,1	5,9	5,0	2,0	1,9	44,9	59,8

- 30 Alle Temperierkreisläufe werden mit Brauchwasser aus dem geschlossenen Kühlwassernetz des Betriebes gespeist, das im Vorlauf eine Temperatur von 14°C aufweist. Der Einsatz eines Temperiergerätes ist nicht erforderlich.

Nach der erfindungsgemäßen Verfahrensweise wurden im Dauerbetrieb die eingangs genannten Formteile qualitätsgerecht unter folgenden Parametern hergestellt:

35 Zykluszeit: 50 s

Ausschußquote: 2,1%

spezifischer Energieverbrauch: 0,62 KWh/kg

zusätzlicher Bedieneraufwand für Nachstellarbeiten je Schicht: 16 min.

40 Beispiel 2

Fertigung des Formteiles "Dämpfungspuffer" aus einer Gummimischung auf SBR/NR-Kautschukbasis im Spritzgießverfahren.

- 45 Die verfahrenstechnischen Parameter sind folgende:

Spritzgießmaschine:

— Schließkraft: 850 kN

— Schneckenkolbendurchmesser: 45 mm

50 — Schneckendrehzahl: 90 U/min

— Staudruck in Prozent: 35%

— Zykluszeit: 45 s

Spritzgießform:

55 — vollautomatisch ausformend

— elektrisch beheizt

Formteil:

— offen, direkt über Angießsystem angespritzt

60 — Fachzahl: 24

— Schußgewicht (einschl. Anguß): 0,064 kg

Der Plastifizierzylinder ist mit drei Temperierkreisläufen ausgerüstet, die über Temperaturfühler mit der Steuereinheit gekoppelt sind. Kreis 1 (Masseinzug) und Kreis 3 (Düsenbereich) sind mit Zusatzheizungen ausgestattet.

65 Als Zylindersolltemperaturen T_{Soll} werden für

Temperierkreis 1 (Einzugszone): 50°C

Temperierkreis 2 (Erwärmungs- und Verdichtungszone und Beginn Ausstoßzone): 57°C
 Temperierkreis 3 (Ausstoßzone und Düsenstock): 65°C

vorgegeben.

Der Verfahrensablauf ist analog wie im Beispiel 1.

In der Anfahrphase wurde bereits nach wenigen Minuten die Ausschalttemperatur der Zusatzheizungen erreicht, von dem ab zu den jeweiligen Zeitpunkten Z_1 der einzelnen Zyklen Temperierimpulse t_{ann} von 0,3 s eingeleitet wurden, um ein gedämpftes Erreichen von T_{soll} zu bewirken. Mit Erreichen von T_{soll} endete die Anfahrphase. Für die stationäre Betriebsphase wurden die gleichen Regelungsparameter n , $K1$ und $K2$ wie in Beispiel 1 verwendet.

Nach der erfindungsgemäßen Verfahrensweise wurden im Dauerbetrieb die eingangs genannten Formteile qualitätsgerecht unter folgenden Parametern hergestellt:

- Zykluszeit: 45 s
- Ausschußquote: 2,9%
- spezifischer Energieverbrauch: 0,60 kWh/kg
- zusätzlicher Bedienaufwand für Nachstellarbeiten je Schicht: 22 min

Vergleichsbeispiel 1

Analog wie im Beispiel 1 werden die Formteile unter Anwendung der konventionellen Temperierung bei folgenden Temperierbedingungen hergestellt:

- Temperiermethode: ein Beistelltemperiergerät, stetige Temperierung über den gesamten Plastifizierzylinder
- Temperiermedium: Wasser
- Temperiermedientemperatur: 60°C

Im Dauerbetrieb wurden die in Beispiel 1 genannten Formteile unter folgenden Parametern hergestellt:

- Zykluszeit: 54 s
- Ausschußquote: 3,2%
- spezifischer Energieverbrauch: 0,70 kWh/kg
- zusätzlicher Bedienaufwand für Nachstellarbeiten je Schicht: 28 min

Vergleichsbeispiel 2

Analog wie im Beispiel 2 werden die Formteile unter Anwendung der konventionellen Temperierung bei folgenden Temperierbedingungen hergestellt:

- Temperiermethode: ein Beistelltemperiergerät, stetige Temperierung über den gesamten Plastifizierzylinder
- Temperiermedium: Wasser
- Temperiermedientemperatur: 75°C

Im Dauerbetrieb wurden die in Beispiel 2 genannten Formteile unter folgenden Parametern hergestellt:

- Zykluszeit: 52 s
- Ausschußquote: 4,2%
- spezifischer Energieverbrauch: 0,70 kWh/kg
- zusätzlicher Bedienaufwand für Nachstellarbeiten je Schicht: 37 min

Patentansprüche

1. Verfahren zur Temperierung von Zylindern von Spritzgießmaschinen für die Verarbeitung vernetzbarer Polymere, bei dem die jeweils je Temperierkreislauf gemessene Zylindertemperatur mit einem vorgegebenen Sollwert verglichen wird und in Abhängigkeit vom Ergebnis des Ist-Sollwertvergleiches die Durchflußmenge des Temperiermediums in den Temperierkreisläufen verändert wird, dadurch gekennzeichnet, daß kontinuierlich während der gesamten Zyklusdauer des Spritzgießvorganges die momentanen Zylindertemperaturen zwischen Zylinderaußen- und Zylinderinnenwand im mittleren Bereich zwischen Temperiermedieneingang und -ausgang des jeweiligen Temperierkreislaufes gemessen werden und der Temperierprozeß in eine Anfahrphase und eine stationäre Betriebsphase mit unterschiedlichen Temperierbedingungen getrennt wird, im allerersten Zyklus des Spritzgießvorganges, zum Zeitpunkt Z_1 ein Temperierimpuls t_{init} festgelegter Dauer eingeleitet wird und beim Erreichen eines definierten Abstandes der mittleren Zylindertemperatur zur vorgegebenen Solltemperatur zu diesem Zeitpunkt ein Temperierimpuls t_{ann} geringerer, aber konstanter Dauer eingeleitet wird, bis zum erstmaligen Überschreiten der Solltemperatur, wobei die Anfahrphase nach dem erstmaligen Erreichen oder Überschreiten der Solltemperatur beendet ist und während der stationären Betriebsphase im ersten Zyklus dieser Phase ein Temperierimpuls der Zeitdauer t_{ann} nach Empfang des Signals Zeitpunkt Z_1 letztmalig eingeleitet wird und in den Folgezyklen zum Zeitpunkt Z_1 Temperierimpulse t_E eingeleitet werden und bei weiteren Solltemperaturüberschreitungen

weitere temperaturabhängige Temperierimpulse bis zum Zeitpunkt Z_2 , der sich in zeitlicher Nähe des Zyklusendes befindet, eingeleitet werden, deren Gesamtdauer je Zyklus durch eine maximale Gesamtdauer t_{\max} begrenzt wird, wobei die Zeitdauer der Temperierimpulse t_E und die Gesamtdauer t_{\max} aus der Gesamtdauer der Temperierimpulse einer festgelegten Anzahl unmittelbar vorausgegangener Zyklen nach einem vorgegebenen Algorithmus ermittelt werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß während der Anfahrphase bei Vorgabe einer Solltemperatur, die unter der ermittelten Isttemperatur liegt, in allen nachfolgenden Zeitpunkten Z_1 und Z_2 so lange eine ständige Temperierung erfolgt, bis die gemessene Isttemperatur die vorgegebene Solltemperatur erstmalig unterschreitet, wobei nach Unterschreitung der Solltemperatur die Anfahrphase mit der Einleitung des Temperierimpulses t_{anfi} zum Zeitpunkt Z_1 des auf die erste Unterschreitung folgenden Zyklus fortgesetzt wird und mit der erneuten Überschreitung der Solltemperatur beendet wird.

3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Zeitdauer des Temperierimpulses t_E nach folgender Berechnungsformel

$$t_E = \frac{K1(j)}{n} \cdot \sum_{i=1}^n (t_{Ei} + t_{Vi}) \quad (*)$$

ermittelt wird, wobei

n die vorgegebene Anzahl von aufeinanderfolgenden Zyklen, deren Gesamttemperierdauer nach erstmaliger Überschreitung der vorgegebenen Plastifizierzylindersolltemperatur in die Berechnung von t_E einbezogen werden soll,

t_{Ei} der für den Zyklus i der n Zyklen errechnete Temperierimpuls,

t_{Vi} die Summe der temperaturabhängigen Temperierimpulse des Zyklus i der n Zyklen

j die Zykluszahl nach Beginn der Phase des stationären Betriebes und

$K1(j)$ die von j abhängige maschinen- und verfahrensabhängige Größe die zur Bewertung der mittleren Temperierzeit aus den n Zyklen dient und die folgenden Bedingungen genügt:

$$K1(j) = a_0 + a_1 \cdot j \text{ für } j \leq n$$

$$K1(j) = a_2 \text{ für } j > n$$

$$K1(j) < 1, K1(j+1) \geq K1(j) \text{ für alle } j$$

$$a_0, a_1, a_2 > 0,$$

das heißt $K1(j)$ genügt einer Geradengleichung für $j \leq n$ mit a_1 als Anstieg, a_0 konstantem Glied und im Bereich $j \leq n+1$ streng monoton wachsendem Verlauf, für $j > n$ ist $K1(j)$ konstant a_2 , wobei gilt, $a_2 > a_0 + a_1 \cdot j$ für $j \leq n$ und gewährleistet ist, daß die Summe der Temperierimpulse bis zum Zyklus n schwächer gewichtet in die Berechnung von t_E eingeht als nach Erreichen von n , bedeuten und folgende Anfangsbedingungen ab Zyklus 1 der stationären Phase für die Berechnung gelten:

$$(1) t_{Ei} = t_{\text{anfi}}$$

$$(2) \text{ Die Berechnung von } (*) \text{ erfolgt für } j < n, \text{ indem } n \text{ durch } j \text{ ersetzt wird.}$$

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die maximal mögliche Summe der temperaturabhängigen Temperierimpulse nach folgender Berechnungsformel

$$t_{\max} = K2 \cdot t_E$$

ermittelt wird, wobei gilt:

$K2$ eine Konstante, die der Bedingung

$$(1 - K1(j)) < K2 < 3, K2 = \text{const. für alle } j$$

genügt und

$$t_E = \frac{K1(j)}{n} \cdot \sum_{i=1}^n (t_{Ei} + t_{Vi})$$

bedeuten.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß als Zeitpunkt Z_1 der Plastifizierbeginn und als Z_2 das Ende der Werkzeugöffnung gewählt wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Zeitpunkt Z_1 und der Zeitpunkt Z_2 durch die gleichen Signale der Maschinenablaufsteuerung festgelegt werden, wobei Z_2 mit dem Signal Z_1 des Folgezyklus identisch ist.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß eine Zusatzheizung vorgese-

hen ist, die wahlweise vor der Anfahphase, während der Anfahphase und der stationären Betriebsphase zuschaltbar ist und nach Erreichen des erforderlichen thermischen Niveaus wieder abgeschaltet wird.

8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß nach dem Zu- und Abschalten der Zusatzheizung in der Anfahphase, zu den jeweiligen Zeitpunkten Z_1 der einzelnen Zyklen der Temperierimpuls t_{ann} eingeleitet wird.

9. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die vor der Anfahphase zugeschaltete Zusatzheizung nach Erreichen eines vorgegebenen Abstandes zur Solltemperatur abgeschaltet wird.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen.

